



**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL GLACIAR DEL VOLCÁN
NEVADO DE SANTA ISABEL, LOCALIZADO EN LOS LÍMITES
DE LOS DEPARTAMENTOS DE RISARALDA, CALDAS Y
TOLIMA ENTRE LOS AÑOS: 1986, 1989 Y 1999**

PRESENTADO POR:

**JULIAN ALEJANDRO BARTOLO MOSCOSO
INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA**

DOCENTE:

FELIPE RIAÑO PÉREZ

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA

PROYECTO DE GRADO

BOGOTÁ D. C.

2017



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL GLACIAR DEL VOLCÁN NEVADO DE SANTA ISABEL, LOCALIZADO EN LOS LÍMITES DE LOS DEPARTAMENTOS DE RISARALDA, CALDAS Y TOLIMA ENTRE LOS AÑOS: 1986, 1989 Y 1999

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE SANTA ISABEL VOLCÁN NEVADO GLACIUM, LOCATED AT THE LIMITS OF THE RISARALDA, CALDAS AND TOLIMA DEPARTMENTS BETWEEN THE YEARS: 1986, 1989 AND 1999

Julian Alejandro Bartolo Moscoso

Ingeniero Catastral y Geodesta, Diplomado en Sistemas Integrados de Gestión NTD 001: 2011,
Analista, Revisor y Coordinador en la Subdirección Técnica de Operaciones – STOP del
Instituto de Desarrollo Urbano – IDU.

Bogotá D. C., Colombia.

icgjulianbartolo@gmail.com

RESUMEN

En el presente artículo se presenta el análisis de la variación superficial del área del glaciar del volcán nevado de Santa Isabel, localizado en los límites de los departamentos de Risaralda, Caldas y Tolima entre los años: 1986, 1989 y 1999, esta investigación posee tres momentos importantes concernientes a: Pre-procesamiento, procesamiento y pos-procesamiento.

En la etapa de pre-procesamiento se seleccionaron y obtuvieron las imágenes satelitales de la zona de estudio de la página de la U.S. Geological Survey para los años 1986, 1989 y 1999, las mismas fueron delimitadas mediante un recorte realizado en el software PCI Geomática.

En el procesamiento se implementaron los softwares PCI Geomática para correr el algoritmo de máxima probabilidad y así obtener una clasificación de coberturas



con sus respectivas correcciones y ArcGIS para realizar un análisis de geometría luego de una importación de los resultados obtenidos en el software PCI Geomática y con esto encontrar el área superficial de la cobertura del nevado de Santa Isabel que permitió establecer la variación de la misma en cada uno de los años de estudio.

En el pos-procesamiento se estableció la variación en kilómetros cuadrados y porcentuales del área del glaciar del volcán nevado de Santa Isabel con base en los resultados obtenidos del software ArcGIS, se concluye que entre los años 1986 a 1989 vario en detrimento la cobertura de estudio en 1.071952 kilómetros cuadrados correspondiente a 15%, entre los años 1989 a 1999 siguió disminuyendo la cobertura de estudio en 1.06337 kilómetros cuadrados correspondiente a 17%, para un cambio total en el periodo de tiempo de 1986 a 1999 de 2.135322 kilómetros cuadrados correspondientes a 28%.

Palabras clave: Glaciar, clasificación supervisada, máxima probabilidad y algoritmo

ABSTRACT

The present article presents the analysis of the surface variation of the glacier area of the snowy volcano of Santa Isabel, located in the limits of the departments of Risaralda, Caldas and Tolima between the years: 1986, 1989 and 1999, this research has three Important moments concerning: Pre-processing, processing and post-processing.

In the pre-processing stage, satellite images were selected and obtained from the study area of the U.S. Geological Survey for the years 1986, 1989 and 1999, they were delimited by a cut made in the Geomatics PCI software.

In the processing the Geomatics PCI software was implemented to run the algorithm of maximum probability and thus obtain a classification of coverages with their respective corrections and ArcGIS to perform a geometry analysis after an import of the results obtained in the Geomatics PCI software and with This finding the surface area of the snow cover of Santa Isabel that allowed to establish the variation of the same in each one of the years of study.

In post-processing, the variation in square and percentage kilometers of the glacier area of the Santa Isabel snow-capped volcano was established based on the results obtained from the ArcGIS software, it is concluded that between 1986 and 1989 several studies were depleted At 1.071952 square kilometers corresponding to 15%, between 1989 and 1999 the study coverage continued to fall by 1.06337 square kilometers corresponding to 17%, for a total change in the period from 1986 to 1999 of 2.135322 square kilometers corresponding to 28 %.

Key words: Glacier, supervised classification, maximum probability and algorithm.



INTRODUCCIÓN

La civilización en general aunque conoce información del calentamiento global no es consciente de las afectaciones del mismo en el día a día, lo anterior en parte porque no hay una difusión constante de información que muestre como este fenómeno perjudica directamente el diario vivir. Uno de los efectos que se padece corresponde al derretimiento de nevados y su subsiguiente desaparición que contribuyen al aumento de la absorción de la radiación solar y la posible pérdida del recurso no renovable agua en un futuro.

El agua es un recurso que no posee sustituto y es la base fundamental para el desarrollo de la vida en la tierra. Los glaciares y los casquetes polares son las principales fuentes de agua dulce que están en riesgo de desaparición por el calentamiento global, dado que alrededor del 79% del mismo se encuentra en forma de hielo y este porcentaje ha venido decreciendo a lo largo de la historia por la extinción de estas coberturas; en lo que respecta al territorio Colombiano se han perdido los nevados de: Volcán-nevado Puracé (Cauca y Huila), volcán-nevado Galeras (Nariño), volcán Sotará (Cauca y Huila), volcán Chiles (Nariño), volcán Pan de Azúcar (Cauca y Huila), volcán del Quindío (Risaralda-Tolima y Quindío), volcán del Cisne (Caldas y Tolima) y volcán Cumbal (Nariño).

El glaciar del volcán del nevado de Santa Isabel en el cual se enfoca el presente artículo, aunque no se ha extinguido si está sufriendo un derretimiento acelerado, este *“se extendía por 27 kilómetros cuadrados en 1850, (...) esa extensión disminuyó hasta los 5 kilómetros cuadrados en la década de los 90 y hoy tiene apenas 2,59 kilómetros cuadrados”* (SILVA HERRERA, 2008), de acuerdo con varios estudios realizados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM, este podría ser el próximo nevado en desaparecer.

En la presente investigación se aplican diversos conocimientos y/o técnicas de percepción remota y procesamiento digital de imágenes que mostraran como ha sido el comportamiento del área del glaciar de Santa Isabel, localizado en los límites de los departamentos de Risaralda, Caldas y Tolima entre los años: 1986, 1989 y 1999 para determinar el detrimento de la cobertura en estos años y así evidenciar la problemática ambiental que se ha venido dando y que va en aumento para que sirva como justificación para la adopción de planes ambientales que reduzcan o mitiguen los riesgos. En general el presente trabajo plasma la localización del glaciar, la problemática a tratar, conceptos previos y metodología de investigación la cual es desarrollada en tres partes concernientes a: Pre-procesamiento, procesamiento y pos-procesamiento para obtener las respectivas conclusiones del estudio realizado.

1. LOCALIZACIÓN

El volcán nevado de Santa Isabel, se encuentra en las coordenadas geográficas 4° 47' Norte y 75° 24' Oeste, en los límites de los departamentos de Risaralda, Caldas y Tolima, a una distancia de 140 km al noreste de Bogotá y a 33 km al sureste de Manizales.



El acceso al volcán se realiza por el camino que lleva a la Laguna del Otún desde Pereira o por la carretera Manizales - Murillo.

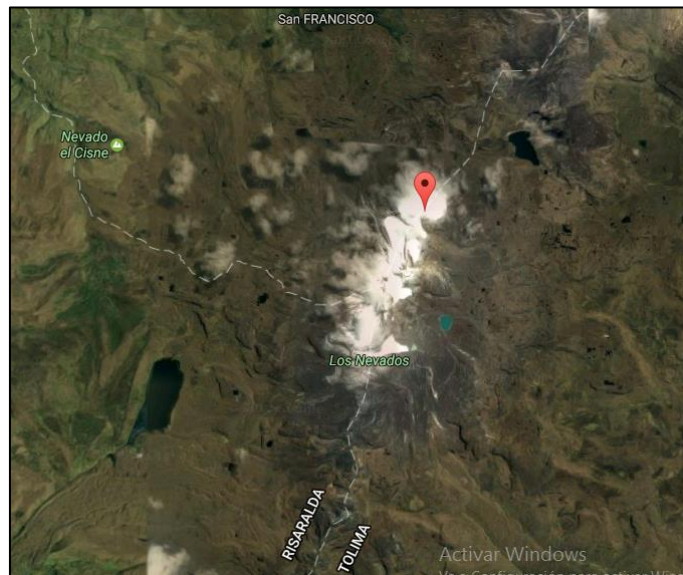


Imagen 1. Ubicación del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel

Fuente: Google maps

En la imagen 1 se observa en la parte inferior izquierda la Laguna del Otún, en la parte superior izquierda el Nevado el Cisne el cual está casi extinto, así mismo las líneas divisorias de cada uno de los departamentos que limitan con el Nevado de Santa Isabel (en la parte superior Caldas, en la parte inferior izquierda Risaralda y en la parte derecha Tolima)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Problemática

Los nevados de Colombia están desapareciendo a causa del calentamiento global, por ejemplo, (SILVA HERRERA, 2008) *“El nevado del Ruiz es el que más nieve ha perdido; el del Tolima es el que menos hielo conserva y el de Santa Isabel es el que se derrite más rápido”*. La disminución de nieve no implica únicamente un problema paisajístico sino también de pérdida de recursos naturales, pues de los glaciares se surten ríos que son utilizados para la producción agrícola, además contribuyen con el surtimiento de agua de varios municipios.

En la actualidad se han perdido ocho glaciares a lo largo del territorio Colombiano por ende se hace necesario realizar estudios de diversas índoles como lo son los multitemporales, con el fin de evidenciar la pérdida de este recurso que ha aumentado exponencialmente y de esta forma crear y adoptar políticas que disminuyan el aceleramiento de su derretimiento y contribuyan con su mantenimiento.



2.2. Conceptos

Los conceptos de glaciar, índice espectral, clasificación supervisada y algoritmo de máxima verosimilitud son descritos a continuación con la intención de contextualizar la presente investigación:

2.2.1. Glaciar

Un glaciar corresponde a una masa de hielo que esta comprimida y que se forma durante miles de años como consecuencia de la nieve que permanece en un mismo lugar hasta que se transforma en hielo.

Se considera que los glaciares son vestigios de la última Edad de Hielo, cuando las bajas temperaturas obligaron al hielo a dirigirse hacia las latitudes más bajas, donde ahora el clima es cálido y no parece haber indicios de hielo permanente. En la actualidad se pueden encontrar glaciares en las cadenas montañosas de todos los continentes, con excepción de Australia y algunas islas oceánicas, y entre las latitudes 35° norte y 35° sur sólo pueden verse glaciares en las Montañas Rocosas, en la cordillera de los Andes, en el Himalaya, en Nueva Guinea, México, el este de África y en el monte Zard Kuh (Irán).

2.2.2. Índice espectral

Las imágenes digitales están formadas por una matriz numérica que *“pueden ser sometidas a diferentes algoritmos algebraicos, generando una nueva imagen, donde aparecen reflejados los distintos tipos de información, dependiendo del proceso realizado, además de poder destacar ciertas características”* (ALONSO & MORENO, 1996).

2.2.3. Clasificación supervisada

Esta clasificación es un proceso en el cual los píxeles de una identidad conocida que están ubicados dentro de las áreas de entrenamiento, se utilizan para clasificar píxeles.

La clasificación supervisada involucra las siguientes etapas:

- I. Etapa de entrenamiento
- II. Selección del algoritmo de clasificación adecuado y clasificación
- III. Operaciones de post clasificación.

“En la etapa de entrenamiento el analista selecciona áreas de identidad conocida de la cubierta terrestre de interés (cultivos, forestaciones, suelos, etc.) delineándolas sobre la imagen digital bajo formas de rectángulos o polígonos cuyos datos numéricos quedan archivados en la computadora como regiones



de interés constituyendo los “datos de entrenamiento”. Para realizar la selección el analista debe tener un conocimiento previo del área de estudio, sea por reconocimientos de campo sea por consulta de mapas, fotografías aéreas, etc.” (TELEDET, s.f.).

Una vez que se dispone de un conjunto de estos datos de entrenamiento se debe adjudicar cada uno de los píxeles de la escena a alguna clase.

Entre los algoritmos clásicos para estos fines se encuentran los siguientes:

- I. Clasificador por mínima distancia
- II. Clasificador por paralelepípedos
- III. Clasificador por máxima probabilidad.

Posteriormente se corren índices o cálculos que permitan la adecuada comprensión y análisis según corresponda.

2.2.4. Algoritmo de Máxima probabilidad

El clasificador de máxima verosimilitud (o máxima probabilidad) asume que los datos siguen una función de distribución normal para asignar la probabilidad de que un píxel cualquiera pertenezca a cada una de las clases. El píxel se asigna de este modo a la clase a la que es más probable que pertenezca.

Este método puede usarse de forma automática, o puede establecerse algún criterio que permita asignar píxeles a una clase sólo si la probabilidad correspondiente es superior a determinado umbral. Permite por otro lado definir algún tipo de criterio para medir la calidad de la asignación, por ejemplo la diferencia entre la máxima probabilidad y la siguiente.

2.3. Metodología aplicada

La metodología aplicada al análisis multitemporal del glaciar del volcán nevado de Santa Isabel localizado en los límites de los departamentos de Risaralda, Caldas y Tolima entre los años: 1986, 1989 y 1999, se plasma a continuación en el diagrama 1 y 2 que describen el procedimiento general y específico respectivamente para concluir la investigación:



2.3.1. Procedimiento general

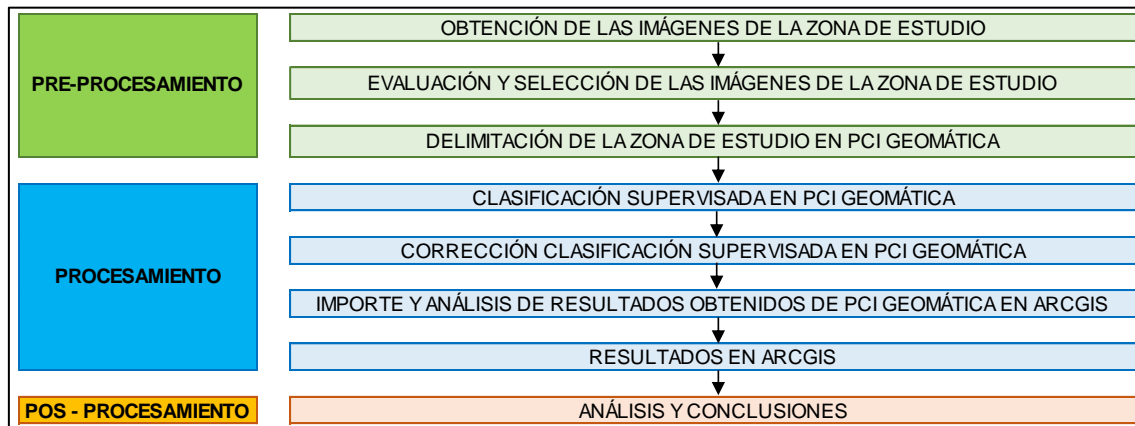


Diagrama 1. Procedimiento general

Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Procedimiento específico clasificación supervisada

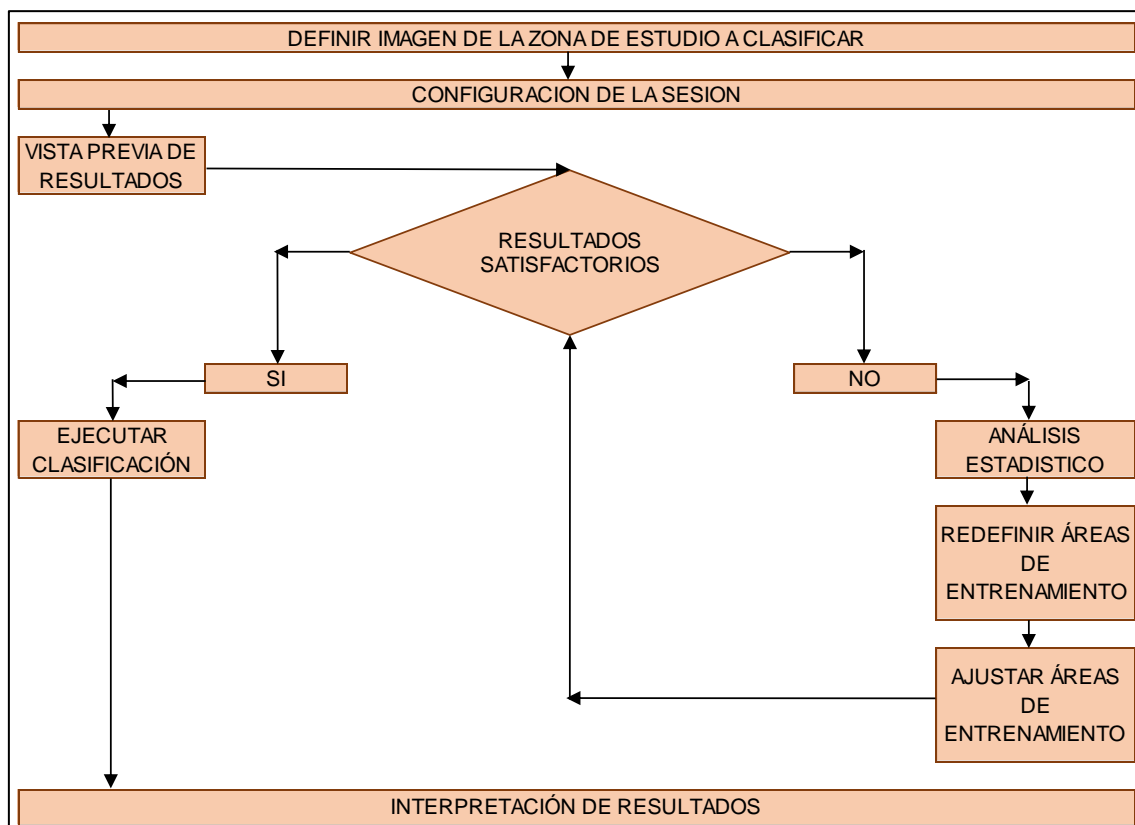


Diagrama 2. Procedimiento específico clasificación supervisada

Fuente: Elaboración propia



3. DESARROLLO, RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo con la metodología descrita en el numeral 2.3 del presente artículo investigativo, se establecieron tres momentos importantes que se describen a continuación:

3.1. Pre-Procesamiento

Las imágenes para el Análisis Multitemporal del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel, localizado en los límites de los departamentos de Risaralda, Caldas y Tolima entre los años: 1986, 1989 y 1999 fueron descargadas de la página de internet de la U.S. Geological Survey – USGS, previa evaluación de visualización, para tal fin se especifica el espacio a procesar para que se muestre la colección que contiene la zona de estudio como se evidencia en la imagen 2:

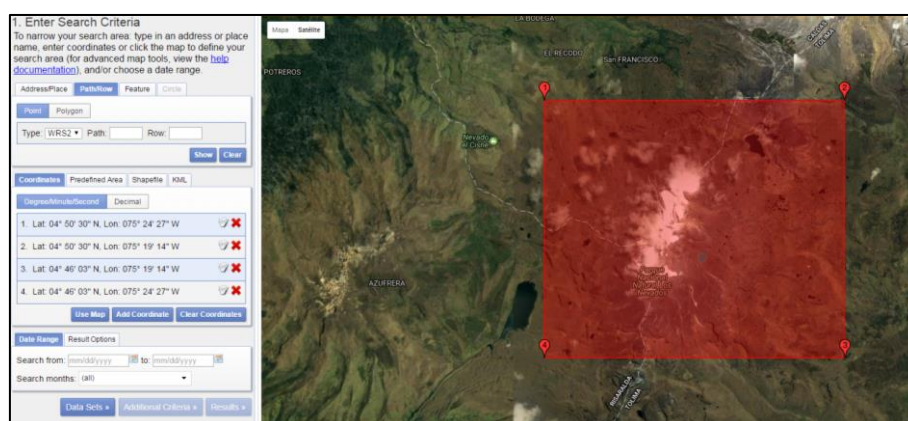


Imagen 2. Zona de estudio del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel

Fuente: U.S. Geological Survey – USGS

En la tabla 1 se relacionan las imágenes que fueron descargadas y procesadas para concluir la presente investigación:

COLECCIÓN	AÑO	IMAGEN
LANDSAT 4	1986	LT04_L1TP_009057_19890807_20170202_01_T1
LANDSAT 5	1989	LT05_L1TP_009057_19860908_20170216_01_T1
LANDSAT 5	1999	LT05_L1TP_009057_19990710_20161219_01_T1

Tabla 1. Imágenes descargadas para el estudio multitemporal del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente en el software PCI Geomática se abre cada imagen y se recorta de tal forma que la zona de estudio quede central para iniciar con la etapa de procesamiento.



3.2. Procesamiento

En la etapa de procesamiento se ejecutó la clasificación supervisada por máxima probabilidad del software PCI Geomática a los recortes realizados en la etapa de Pre-Procesamiento, se realizó en cuatro coberturas las cuales se enuncian en la tabla 2, así mismo se realizaron mascarar para reclasificar los pixeles que fueron catalogados en clases a las que no pertenecían para la realización de una agregación y una posterior exportación en formato .tiff.

COBERTURA	COLOR
NEVADO	CIAN
CUERPOS DE AGUA	AZUL
SUELO DESNUDO	AMARILLO
VEGETACION	VERDE

Tabla 2. Coberturas para el estudio multitemporal del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel

Fuente: Elaboración propia

En las imágenes 3, 4 y 5 se muestran los resultados de la clasificación para los años 1986, 1989 y 1999 respectivamente en el software PCI Geomatica, para el Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel:

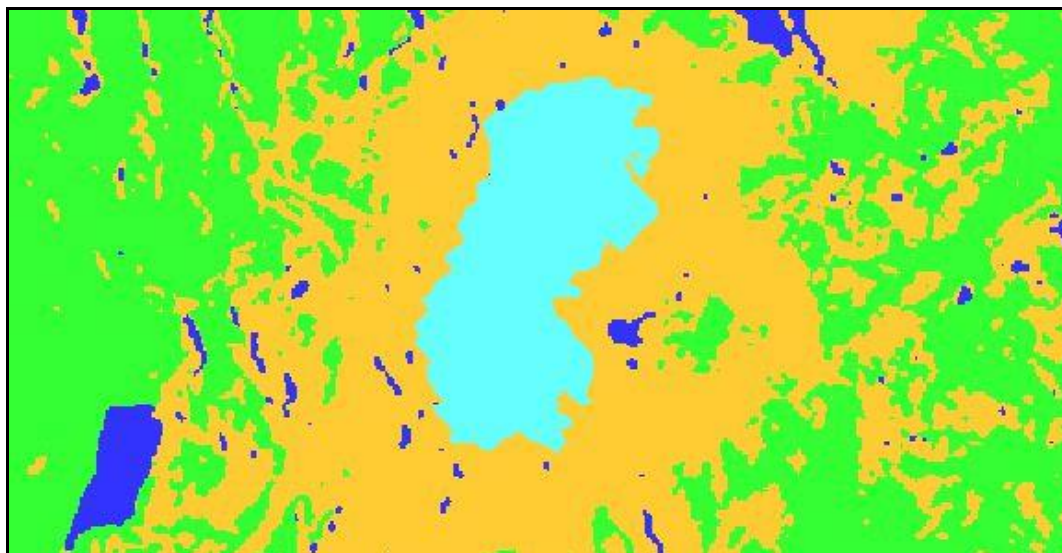


Imagen 3. Zona de estudio del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel – Año 1986

Fuente: Elaboración propia

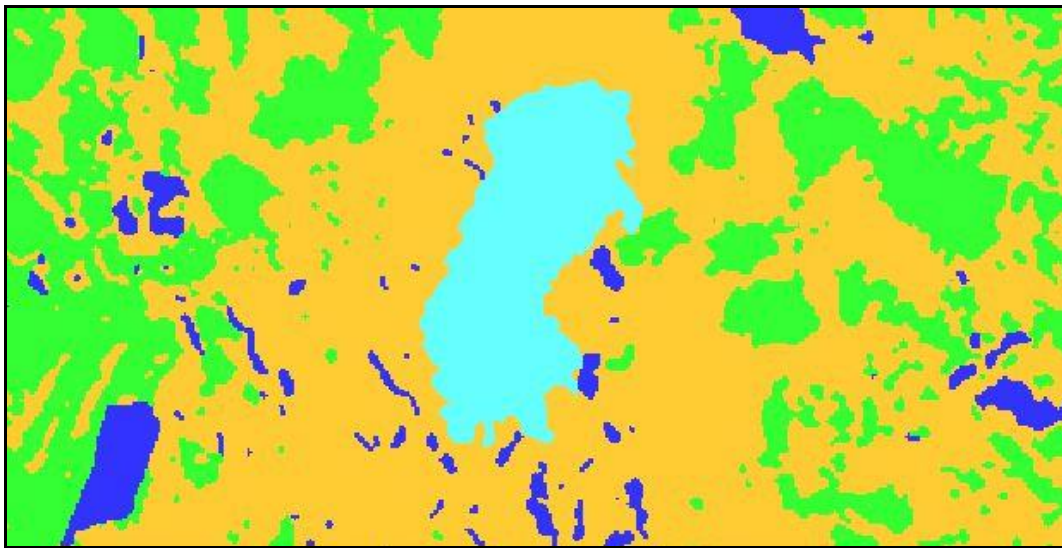


Imagen 4. Zona de estudio del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel – Año 1989

Fuente: Elaboración propia

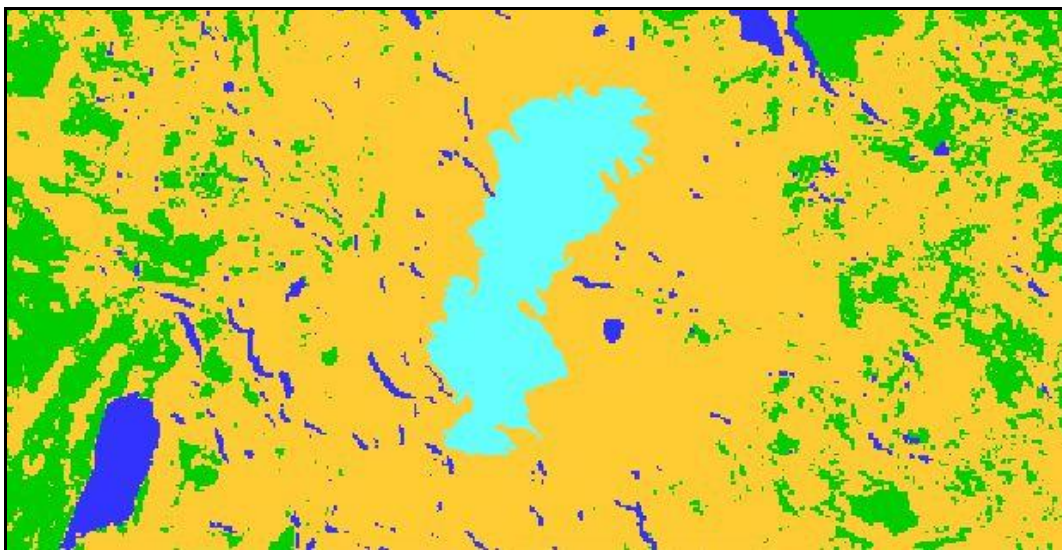


Imagen 5. Zona de estudio del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel – Año 1999

Fuente: Elaboración propia

Las clasificaciones obtenidas para el Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel para los años 1986, 1989 y 1999 en el software PCI Geomática, son importadas en ArcGIS para realizar un análisis geométrico de área y sus respectivas salidas graficas como se evidencia en las imágenes 6, 7 y 8:

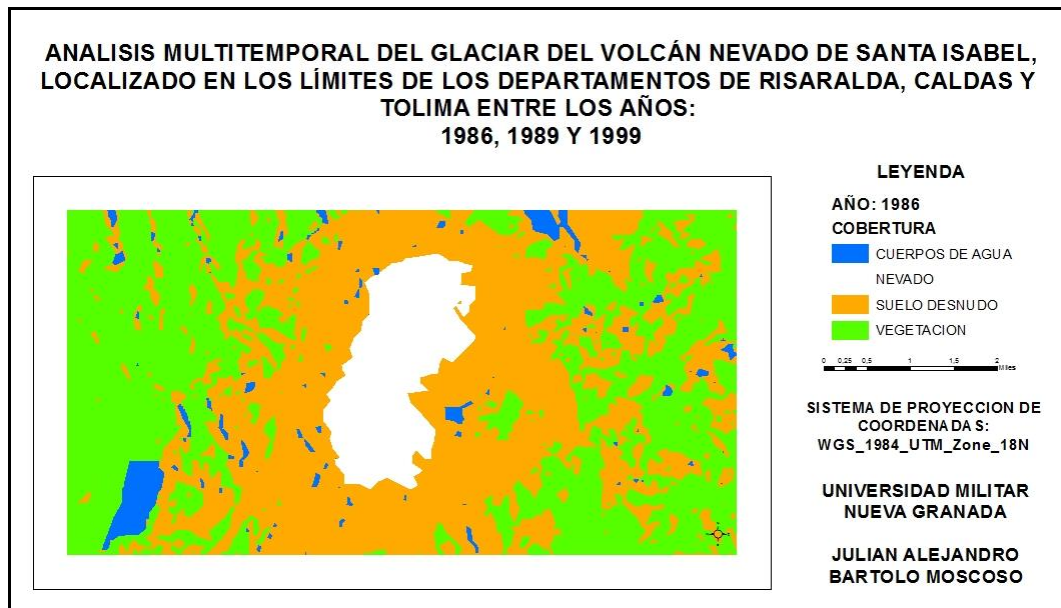


Imagen 6. Salida grafica de la Zona de estudio del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel
– Año 1986

Fuente: Elaboración propia

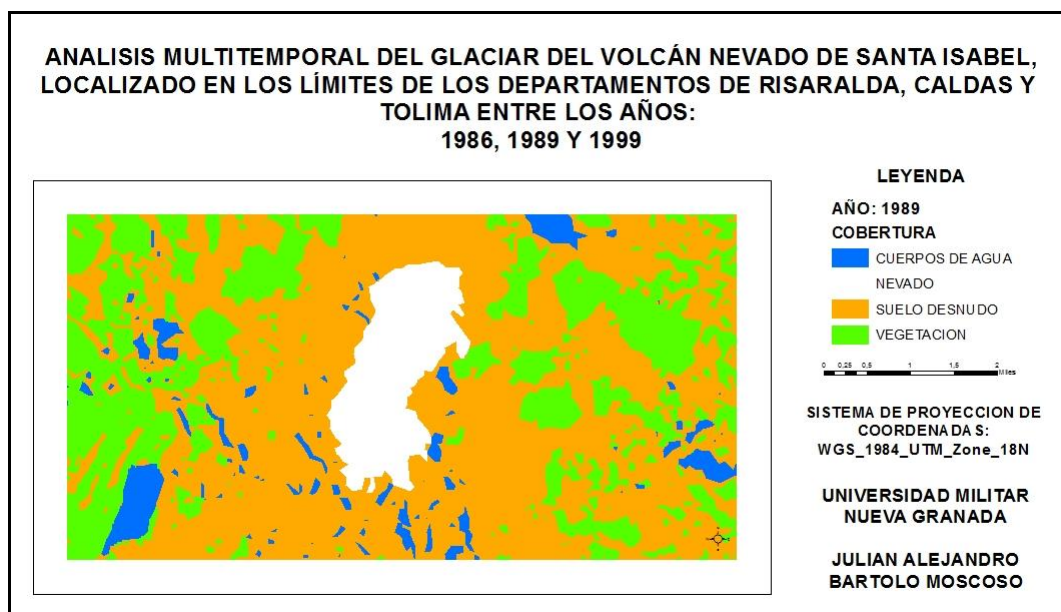


Imagen 7. Salida grafica de la Zona de estudio del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel
– Año 1989

Fuente: Elaboración propia

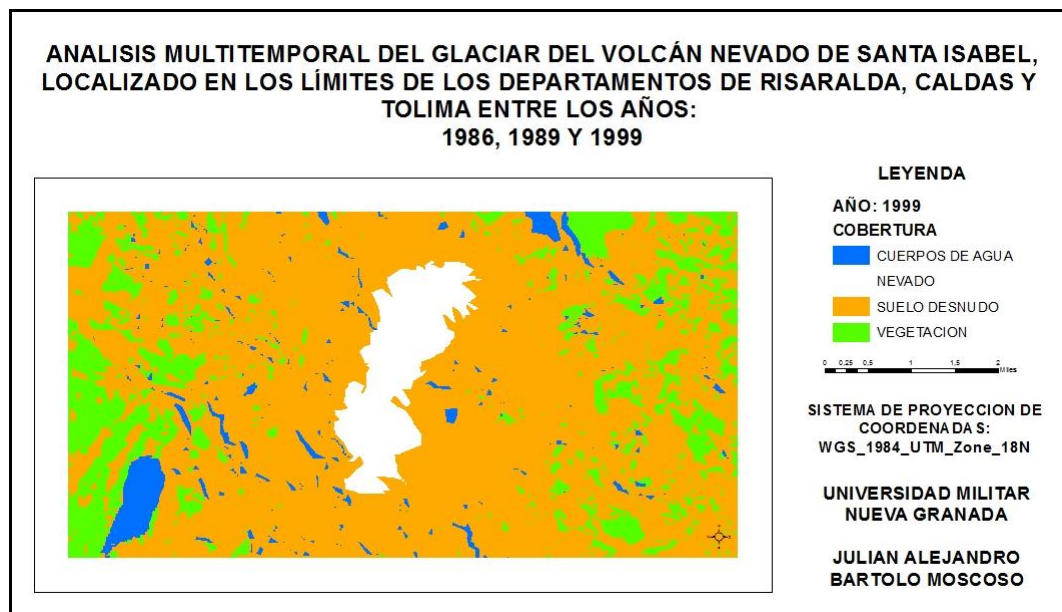


Imagen 7. Salida grafica de la Zona de estudio del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel
– Año 1999

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 3, 4 y 5 se aprecian los resultados de las áreas y porcentajes de áreas para las coberturas descritas en la tabla 2 para los años 1986, 1989 y 1999, del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel una vez realizado un análisis geométrico en ArcGIS:

1986			
No	COBERTURA	AREA (Km ²)	PORCENTAJE
1	NEVADO	7,388929	9%
2	CUERPOS DE AGUA	2,20152	3%
3	SUELO DESNUDO	36,929128	47%
4	VEGETACIÓN	32,844224	41%
TOTAL		79,3638	100%

Tabla 3. Áreas y porcentajes de áreas de las Coberturas del estudio multitemporal del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel 1986

Fuente: Elaboración propia



1989			
No	COBERTURA	AREA (Km ²)	PORCENTAJE
1	NEVADO	6,316977	8%
2	CUERPOS DE AGUA	3,688664	5%
3	SUELO DESNUDO	48,210178	61%
4	VEGETACIÓN	21,147981	27%
TOTAL		79,3638	100%

Tabla 4. Áreas y porcentajes de áreas de las Coberturas del estudio multitemporal del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel 1989

Fuente: Elaboración propia

1999			
No	COBERTURA	AREA (Km ²)	PORCENTAJE
1	NEVADO	5,253607	7%
2	CUERPOS DE AGUA	2,653083	3%
3	SUELO DESNUDO	59,235876	75%
4	VEGETACIÓN	12,221235	15%
TOTAL		79,3638	100%

Tabla 5. Áreas y porcentajes de áreas de las Coberturas del estudio multitemporal del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel 1999

Fuente: Elaboración propia

3.3. Pos-Procesamiento

En la etapa de Pos-Procesamiento se realiza un análisis de la variación del área y los porcentajes de área, esto se ejecutó de forma primaria para la cobertura de nevado (caso de estudio) y en forma secundaria para las otras tres coberturas correspondientes a cuerpos de agua, suelo desnudo y vegetación como se evidencia en las tablas 6, 7, 8 y 9:

VARIACIÓN COBERTURA NEVADO DE SANTA ISABEL			
AÑO	1986	1989	1999
AREA (Km ²)	7,388929	6,316977	5,253607
VARIACIÓN	0	1,071952	1,06337
PORCENTAJE	0	15%	17%

Tabla 6. Análisis de la variación de áreas y porcentaje de área de la Cobertura Nevado del estudio multitemporal del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel 1986, 1989 Y 1999

Fuente: Elaboración propia



VARIACIÓN COBERTURA CUERPOS DE AGUA			
AÑO	1986	1989	1999
AREA (Km ²)	2,20152	3,688664	2,653083
VARIACIÓN	0	-1,48714	1,035581
PORCENTAJE	0	-68%	28%

Tabla 7. Análisis de la variación de áreas y porcentaje de área de la Cobertura Cuerpos de Agua del estudio multitemporal del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel 1986, 1989 Y 1999

Fuente: Elaboración propia

VARIACIÓN COBERTURA SUELO DESNUDO			
AÑO	1986	1989	1999
AREA (Km ²)	36,92913	48,21018	59,23588
VARIACIÓN	0	-11,2811	-11,0257
PORCENTAJE	0	-31%	-23%

Tabla 8. Análisis de la variación de áreas y porcentaje de área de la Cobertura Suelo Desnudo del estudio multitemporal del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel 1986, 1989 Y 1999

Fuente: Elaboración propia

VARIACIÓN COBERTURA VEGETACIÓN			
AÑO	1986	1989	1999
AREA (Km ²)	32,84422	21,14798	12,22124
VARIACIÓN	0	11,69624	8,926746
PORCENTAJE	0	36%	42%

Tabla 9. Análisis de la variación de áreas y porcentaje de área de la Cobertura Vegetación del estudio multitemporal del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel 1986, 1989 Y 1999

Fuente: Elaboración propia

Para visualizar el cambio de la cobertura de estudio (nevado) para los años 1986, 1989 y 1999 del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel se realiza una superposición como se observa en la imagen 8:

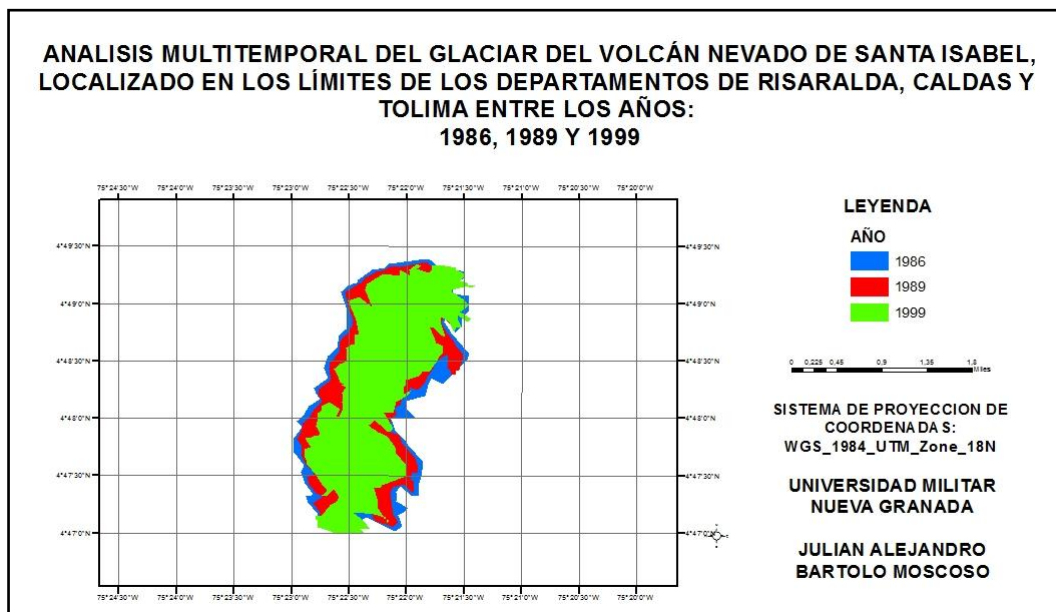


Imagen 8. Salida grafica superposición – Cobertura: Nevado - Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel – Años 1986, 1989 y 1999

Fuente: Elaboración propia

4. CONCLUSIONES

- Una vez realizada la presente investigación, en la tabla 6 se observa el detrimento en área y la variación porcentual de la cobertura del Glaciar del Volcán Nevado de Santa Isabel. Entre 1986 y 1989 hubo una disminución en 1.071952 kilómetros cuadrados correspondiente a 15%, entre los años 1989 a 1999 siguió disminuyendo la cobertura de estudio en 1.06337 kilómetros cuadrados correspondiente a 17%, para un cambio total en el periodo de tiempo de 1986 a 1999 de 2.135322 kilómetros cuadrados correspondientes a 28%; Esta situación es preocupante teniendo en cuenta que en 13 años se ha perdido más de la cuarta parte del nevado y que según el IDEAM es el que se está derritiendo en forma más acelerada en el territorio Colombiano por efectos climáticos.
- En la presente investigación se puede concluir de manera alterna y general sobre las coberturas que acompañan el caso de estudio (Nevado de Santa Isabel) lo siguiente:
 - ✓ Sobre la cobertura cuerpos de agua se concluye que aumento en el periodo de 1986 a 1989 y disminuyo luego en el periodo comprendido entre los años 1989 y 1999 como se evidencia en la tabla 7; Si se observa el rango de 1986 a 1989 se puede deducir en general que los cuerpos de agua aumentaron en 0.451563 kilómetros cuadrados, el anterior comportamiento se debe al derretimiento del Nevado de Santa Isabel que en ciertas zonas ha generado o incrementado en superficie cuerpos de agua.



- ✓ Sobre las cobertura suelo desnudo se concluye que aumento en el periodo de 1986 a 1989 e incremento de nuevo en el periodo comprendido entre los años 1989 y 1999 como se evidencia en la tabla 8; Si se observa el rango de 1986 a 1989 se puede deducir en general que el cuerpo desnudo aumento en 22.30675 kilómetros cuadrados.
 - ✓ Sobre las cobertura vegetación se concluye que disminuyo en el periodo de 1986 a 1989 y se redujo de nuevo en el periodo comprendido entre los años 1989 y 1999 como se evidencia en la tabla 9; Si se observa el rango de 1986 a 1989 se puede deducir en general que la vegetación disminuyo en 22.62298 kilómetros cuadrados.
- Si no se controla el derretimiento de los glaciares, como consecuencia habrá escasez de agua dulce, disminución de áreas habitables, aumento de suelo desnudo y reducción en la densidad poblacional de especies animales, esto provocara a largo plazo desabastecimiento de alimentos y en el peor de los casos la extinción de la vida terrestre.
 - Los resultados de la clasificación supervisada por máxima probabilidad están muy ajustados a la realidad en la medida en que fueron seleccionadas áreas de entrenamiento representativas y puras, aunque la aparición de nubes en ciertas zonas dificulto la clasificación de pixeles en la correspondiente cobertura.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia especialmente a mi madre Francis Elena Moscoso Cagua por ser mi ejemplo a seguir tanto en el ámbito personal como profesional, a David Alexander Chavur Forero por ser un impulso académico y sobretodo personal y finalmente a mis compañeros de estudio: Luisa Fernanda Sánchez Retavisca y Juan Felipe Martin Medina, ambos Ingenieros Catastrales y Geodestas por haberme apoyado y compartido conocimientos a lo largo de la duración de la Especialización en Geomática.

REFERENCIAS

- ALONSO, C., & MORENO, V. (1996). ANALISIS MULTITEMPORAL DE IMAGENES LANDSAT TM EN CARTOGRAFIA DE LAS MASAS DE HIELO Y NIEVE APLICADA A LA MODELIZACION HIDROLOGICA. TELEDETECCION.
- COMEZ, C., & CALDERON, D. (SEPTIEMBRE DE 2012). ESTUDIO MULTITEMPORAL CON IMÁGENES LANDSAT TM 5 DE LA VARIACIÓN



DE LA COBERTURA DEL SUELO DE LA REGIÓN CIRCUNDANTE A
UNA ZONA DE LAHAR VOLCÁNICO:. BOGOTA.

GEOENCICLOPEDIA. (S.F.). OBTENIDO DE
[HTTP://WWW.GEOENCICLOPEDIA.COM/GLACIARES/](http://www.geoenciclopedia.com/glaciares/)

HERNANDEZ, J., & CHACON, W. (2013). ESTUDIO MULTITEMPORAL DEL
CUERPO DE AGUA DE LA LAGUNA DE. BOGOTA.

PAEZ, B. (AGOSTO DE 2016). ANALISIS MULTITEMPORAL DEL
RETROCESO GLACIAR EN LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA -
COLOMBIA - PARA LOS PERIODOS 1986, 1996, 2007 Y 2014.
BOGOTA.

PEÑA, J. (2015). ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL RETROCESO GLACIAR
DE LA SIERRA NEVADA DEL COCUY UBICADA EN LOS
DEPARTAMENTOS DE BOYACÁ Y ARAUCA ENTRE LOS AÑOS 1992,
2003 Y 2014. BOGOTA.

SILVA HERRERA, J. (10 DE JUNIO DE 2008). LOS NEVADOS DE COLOMBIA
SE ESTAN ACABANDO A CAUSA DEL CALENTAMIENTO GLOBAL. EL
TIEMPO.

TELEDET. (S.F.). OBTENIDO DE
[HTTP://WWW.TELEDET.COM.UY/TUTORIAL-IMAGENES-
SATELITALES/CLASIFICACION-SUPERVISADA.HTM](http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/clasificacion-supervisada.htm)